СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ИНДИКАЦИИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

MODERN METHODS AND SYSTEMS FOR INDICATION AND MONITORING OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS

УДК 628.511.12

В.П.БАТМАНОВ, *д-р мед. наук, профессор, vbatmanov@mail.ru*
О.К.БАРСУКОВ, *ассистент, codename1182@yandex.ru*
Волгоградский архитектурно-строительный университет

V.P.BATMANOV, *Dr. in medical sc., professor, vbatmanov@mail.ru*
O.K.BARSUKOV, *assistant lecturer, codename1182@yandex.ru*
Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering

ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Создан прибор, использующий метод дистанционного лазерного зондирования для определения дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны на предприятиях стройиндустрии, в режиме реального времени, с возможностью автоматического регулирования технологического процесса для обеспечения безопасных условий труда. Обосновано применение лазерного зондирования как высокоточного метода измерений для контроля качества воздуха рабочей зоны.

***Ключевые слова*:** пыль, дисперсный анализ, лазерное зондирование.

LASER AND OPTICAL DEVICE FOR THE CONCENTRATION INDETIFICATION OF THE DUST POWDER IN THE AIR OF THE WORKING AREA

The article analyzes the process of the creation of the device based on the method of the distant laser probing for the identification of the dust power in the air of the working area at the enterprises of construction industry in the real time operation mode with the option of the automatic regulation of the technical process for the provision of the safe labour conditions. The application of the laser probing is based as a high-precision method for the quality control of the working area air.

***Key words*:** dust, dispersion analysis, laser probing.

В связи с интенсивным развитием минерально-сырьевого комплекса, ростом объемов переработки, особенно в строительной отрасли, все большее значение приобретает задача контроля аэрозольных и газовых выбросов, представляющих собой источник

повышенной опасности для здоровья рабочих. Существует проблема разработки методов исследования аэрозольного состава воздуха рабочей зоны [1], обеспечивающих получение данных с высокой оперативностью и в значительных пространственных масштабах, а также разработки комплексных систем автоматизированного контроля и регулирования качества воздуха.

Одним из основных загрязнителей воздуха рабочей зоны является пыль, которая составляет значительную часть промышленных выбросов и образуется в результате деятельности различных предприятий. Большое значение имеет контроль дисперсного состава пыли, так как степень наносимого вреда здоровью зависит от размеров частиц которые попадают в организм человека. Наиболее опасными для здоровья человека являются частицы размером менее 5 мкм. На законодательном уровне введено нормирование содержания частиц размером менее 10 мкм и менее 2,5 мкм в воздухе рабочей зоны. Приборы, предназначенные для решения поставленной задачи, имеют высокую стоимость, громоздки, требуют смены расходных материалов и постоянного обслуживания. Для решения задачи контроля дисперсного состава пыли перспективным является применение прибора дистанционного зондирования с использованием лазера в качестве источника излучения.

Для контроля запыленности и измерения концентрации взвешенных частиц (пыли) в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны, производственных помещений и контроля содержания пыли в отходящих газах используются специальные приборы, называемые пылемерами. В качестве пылемера может выступать лазерно-оптический прибор (см. рисунок), который состоит из лазерного излучателя с оптической системой и приемного устройства, в состав которого входит фотоэлектрический усилитель цифровая видеоматрица ФЭУ. Принцип работы прибора основан на свойстве частиц отражать световой поток [2, 6]. Часть зондирующего лазерного излучения отражается на аэрозольных частицах в сторону фотоприемника. Это излучение с помощью приемной оптики собирается и направляется на ФЭУ, который преобразует его в электрический сигнал, пропорциональный интенсивности принятого излучения. Электрический сигнал, снимаемый с фотодетектора, содержит информацию о присутствии в атмосфере аэрозолей, и их концентрации. Однако, чтобы извлечь эту информацию, необходимы специальные методы измерения и алгоритмы обработки.



Структурная схема лазерно-оптического прибора

Теоретическая основа метода дистанционного зондирования широко описана в работах российских ученых [3-7]. Метод нашел практическое применение в таких отраслях, как авиация, космонавтика и др.

Задача определения оптических характеристик реального аэрозоля в общем случае невыполнима, если не внести упрощающие предположения. Заменив совокупность аэрозольных частиц ансамблем однородных сферических частиц с одинаковыми химическими свойствами [5], распределение которых по размерам описывается функцией $f(a)$, а концентрация равна N_a, показатели ослабления, рассеяния и поглощения можно записать соответственно в виде

$$\varepsilon = N_a \int_0^\infty (\pi a^2) Q(\rho, m) f(a) da;$$

$$\sigma = N_a \int_0^\infty (\pi a^2) Q_{\text{р}}(\rho, m) f(a) da;$$

$$\kappa = N_a \int_0^\infty (\pi a^2) Q_{\text{п}}(\rho, m) f(a) da,$$

где Q, $Q_р$ $Q_п$ – факторы эффективности ослабления, рассеяния и поглощения отдельной частицы.

Функция $f(a)$ нормирована условием $\int_0^\infty f(a)da = 1$ и представляет собой плотность вероятности обнаружения частицы размером между a и $a + da$ в единице объема:

$$f(a) = \frac{1dN_a}{N_a da}.$$

Аналитически функция распределения $f(a)$обычно является аппроксимацией сглаженной гистограммы, где по оси абсцисс откладывается значение размера частиц, а по оси ординат – относительная доля частиц в интервале $(a, a + \Delta a)$ от общего числа измеренных частиц. Наиболее распространено логарифмически нормальное распределение.

Функции Q, $Q_р$ $Q_п$ – безразмерные и численно равны отношению энергии, соответственно ослабленной, рассеянной и поглощенной частицей к энергии падающей на ее геометрическое сечение (πa^2). Общие формулы для Q, $Q_р$ $Q_п$ дает теория Ми. В качестве безразмерных характеристик частицы в теории Ми [7] используется параметр дифракции $\rho = 2\pi a / \lambda$, где a – радиус частицы; λ – длина волны излучения.

Самым важным фактором в теории Ми является не размер частиц и не длина волны лазерного излучения, а именно их отношение. Это означает, что частицы радиусом до 1 мкм могут выступать как «большие», если они облучаются светом с длиной волны 0,55 мкм, но становятся «малыми» для ИК-излучения с длиной волны 10 мкм. Таким образом, даже очень маленькие частицы могут быть обнаружены при правильном выборе длины волны источника излучения.

На основании вышеизложенной теоретической модели скомпанован прибор для определения дисперсного анализа пыли, содержащейся в воздухе рабочей зоны. Проведена работа по подбору лазерных излучателей и оснащению экспериментального стенда для определения оптических свойств пылей. На основании обработки полученных экспериментальных данных выведены коэффициенты для программной корректировки значений, полученных лазерно-оптическим пылемером в зависимости от вида и химического состава аэрозоля. Получены значения коэффициентов для ряда минеральных веществ, наиболее часто присутствующих в воздухе рабочей зоны на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и предприятиях строительной индустрии (цемент, гипс, мел, песок, известь, кварц, корунд, глина и др).

Применение дистанционного метода имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами определения дисперсного состава пыли. Система не требует постоянного присутствия человека и не зависит от человеческого фактора. В данной технологии не используются расходные материалы. Измерения и контроль, в отличие от других методов, ведутся непрерывно в режиме реального времени. Прибор не требует обслуживания во время работы, кроме как при вводе в эксплуатацию, не содержит частей и механизмов, подверженных износу, забиванию или нуждающихся в постоянной регулировке.

В качестве модуля регистрации и обработки информации, получаемой с фотодетектора, используется персональный компьютер, что позволяет уменьшить стоимость готового прибора. Данный прибор позволяет сократить время измерений концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны и является основой следящей системы в режиме реального времени. При включении прибора в состав автоматической системы управления технологическим процессом на производстве и задании алгоритмов реакции системы на превышение контролируемых параметров можно снизить негативное влияние загрязненного воздуха на рабочего. При допустимой пылевой обстановке на производстве может быть достигнут значительный экономический эффект от снижения энергозатрат на работу вентиляционного, очистного, транспортного и другого оборудования, которое под управлением автоматизированной системы будет включаться на полную мощность только в случае превышения контролируемых параметров воздуха рабочей зоны.

Выводы

Данная технология позволила получить прибор для дистанционного мониторинга качества воздуха рабочей зоны с техническими характеристиками, сопоставимыми с импортными аналогами. Прибор доступен для широкого применения на небольших предприятиях, прост в обслуживании и достаточно точен для решения инженерных задач, обеспечивает получение данных с высокой оперативностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Азаров В.Н.* О концентрации и дисперсном составе пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: Мат. Межд. конф. Волгоград, 2003.

2. *Аш Ж.* Датчики измерительных систем: Пер. с франц / Под ред. А. С.Обухова. М., 1992. Т.2.

3. *Зуев В.Е.* Оптика атмосферного аэрозоля / В.Е.Зуев, М.В.Кабанов. Л., 1987.

4. *Зуев В.Е.* Обратные задачи лазерного зондирования атмосферы / В.Е.Зуев, И.Э.Наац. Новосибирск, 1982.

5. Лазерное зондирование индустриальных аэрозолей / В.Е.Зуев, Б.В.Кауль, И.В.Самохвалов, К.И.Кирков, В.И.Цанев. Новосибирск, 1986.

6. *Назаров И.М.* Основы дистанционных методов мониторинга загрязнений природной среды / И.М.Назаров, А.Н.Николаев, Ш.Д.Фридман. Л., 1983.

7. Ослабление интенсивности многочастотного лазерного излучения на протяженных атмосферных трассах / А.А.Землянов, Ю.В.Кистенев, В.В.Колосов, Ю.Н.Пономарев, К.М.Фирсов. Томск, 1999.

REFERENCE

1. *Azarov V.N.* About the Concentration and Dust Powder in the Air of the Working and Service Zones of the Construction Industry Enterprises // Inside Air and Environmental Quality: Proceedings Intern. Conf. Volgograd, 2003.

2. *Ash J.* Measuring Systems Sensors / Translation from the French edited by A.S.Obukhov. Moscow, 1992.

3. *Zuev V.E., Kabanov M.V.* Optics of the Atmospheric Aerosol. Leningrad, 1987.

4. *Zuev V.E., Naaz I.E.* Inverse Problems of the Atmospheric Laser Probing. Novosibirsk, 1982.

5. Laser Probing of the Industrial Aerosols / V.E.Zuev, B.V.Kaul, I.V.Samokhvalov, K.I.Kirkov, V.I.Zanev. Novosibirsk, 1986.

6. *Nazarov I.M., NIkolaev A.N., Fridman Sh.D.* Fundamentals of the Distant Methods Monitorign of the Natural Environments Pollutions. Leningrad, 1983

7. Intensity Weakening of the Multifrequency Laser Radiation on the Extensive Atmospheric Lines / A.A.Zemlianov, Y.V.Kistenev, V.V.Kolosov, Y.N.Ponomarev, K.M.Virsov. Tomsk, 1999.